

Biomasa arbórea y valoración económica de carbono del Cerro Tres Puntas de Pillasca (Salas-Motupe, Lambayeque, Perú)

Arboreal biomass and economic carbon valuation of the Cerro Tres Puntas of Pillasca (Salas-Motupe, Lambayeque, Peru)

Biomassa arbórea e valoração econômica do carbono do Cerro Três Pontas de Pillasca (Salas-Motupe, Lambayeque, Perú)

Guillermo Eduardo Delgado Paredes^{1*}  <https://orcid.org/0000-0001-5769-8209>

Felipe Zuñe Da Silva¹  <https://orcid.org/0000-0001-5810-9031>

Cecilia del Carmen Vasquez Diaz¹  <https://orcid.org/0000-0002-3229-5048>

Boris Esquerre Ibañez¹  <https://orcid.org/0000-0003-2283-8106>

Jorge Antonio Fupuy Chung¹  <https://orcid.org/0000-0003-2007-1490>

Consuelo Rojas Idrogo¹  <https://orcid.org/0000-0003-3525-6711>

¹Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Perú.

*Autor para la correspondencia: guidelg2015@yahoo.es

Recibido: 7 de junio de 2020.

Aprobado: 30 de septiembre de 2020.

RESUMEN

El trabajo se desarrolló en el cerro Tres Puntas de Pillasca, en el distrito de Salas-Motupe, región Lambayeque, Perú. El objetivo del estudio fue determinar su biomasa arbórea, el carbono acumulado y la valoración económica. Para ello, se establecieron cuatro transectos lineales que abarcaron 11,4 ha del total de 2 975 ha del área de estudio. En cada transecto fueron evaluados la altura y el diámetro (a 1,30 cm por encima del suelo) $\geq 5,0$ cm de todos los individuos arbóreos. Asimismo, se realizaron colectas botánicas para la identificación de los mismos. Se registraron 410 individuos, comprendidos en 17 especies, 17 géneros y 10 familias. La biomasa estimada en los cuatro transectos arrojó una media de 796,62 t ha⁻¹, la que transformada en toneladas de carbono arrojó 1 460,6 t CO₂ ha⁻¹, significando una valoración económica de 28 963,70 USD por ha. Las familias que aportan mayor biomasa al cerro Tres Puntas de Pillasca fueron Moraceae y Lauraceae, con 8 457,95 t ha⁻¹ y 5 738,79 t ha⁻¹ respectivamente, mientras que en el resto de familias la biomasa fue menor de 1 000 t ha⁻¹. El cerro Tres Puntas de Pillasca demostró ser un importante bosque con altos valores de biomasa para la región de Lambayeque.



Palabras clave: Biomasa aérea; Bosque tropical estacionalmente seco; Captura de carbono; Especies arbóreas nativas; Perú.

ABSTRACT

The work was developed in the Cerro Tres Puntas de Pilasca, in the district of Salas-Motupe, Lambayeque region, Perú. The objective of the study was to determine its tree biomass, accumulated carbon and economic valuation. For this purpose, four linear transects were established covering 11.4 ha of the total 2,975 ha of the study area. In each transect were evaluated the height and diameter (1.30 cm above the ground) ≥ 5.0 cm of all tree individuals. Also, botanical collections were made for their identification. 410 individuals were registered, comprised of 17 species, 17 genera and 10 families. The estimated biomass in the four transects gave an average of 796.62 t ha⁻¹, which transformed into tons of carbon gave 1 460.6 t CO₂ ha⁻¹, meaning an economic valuation of 28 963.70 USD per ha. The families that contribute more biomass to the Cerro Tres Puntas de Pilasca were Moraceae and Lauraceae, with 8 457.95 t ha⁻¹ and 5 738.79 t ha⁻¹ respectively, while in the rest of the families the biomass was less than 1 000 t ha⁻¹. Cerro Tres Puntas de Pilasca proved to be an important forest with high biomass values for the region of Lambayeque.

Keywords: Aerial biomass; Tropical dry forest; Carbon sequestration; Native tree species; Perú.

RESUMO

O trabalho desenvolveu-se no Cerro Três Pontas de Pilasca no distrito de Salas-Motupe, região Lambayeque, Perú. O objetivo de estudo foi determinar a sua biomassa arbórea, o carbono aglomerado e a valoração econômica. Com este fim estabeleceram-se quatro transeptos lineares que abrangeram 11,4 ha duma totalidade de 2 975 há da extensão de estudo. Em cada uns dos transeptos avaliados, a altura e o diâmetro (a 1,30 cm por acima do terreno) $\geq 5,0$ cm de todos os indivíduos arbóreos. Mesmo assim, realizaram-se coletas botânicas para a identificação dos mesmos. Registraram-se 140 indivíduos, compreendidos em 17 espécies, 17 gêneros e 10 famílias. A biomassa estimada nos quatro transeptos resultou uma média de 796,62 t ha⁻¹, que transformada em toneladas de carbono, trouxe como resultante 1 460,6 t CO₂ ha⁻¹, o que significa uma valoração econômica de 28 963,70 USD por há. As famílias que aportaram maior biomassa ao Cerro Três Pontas de Pilasca, foram *Moraceae* e *Lauraceae*, com 8 457,95 t ha⁻¹ y 5 738,79 t ha⁻¹ simultaneamente, mesmo que no resto das famílias, a biomassa foi menor de 1 000 t ha⁻¹. O Cerro Três Pontas de Pilasca demonstrou ser uma importante floresta com altos valores com altos valores de biomassa para a região de Lambayeque.

Palavras chave: Biomassa aérea; Floresta tropical estacionalmente seca; Captura de carbono; Espécies arbóreas nativas; Perú.

INTRODUCCIÓN

La mayor amenaza de nuestros tiempos que confronta la humanidad y que involucra y compromete a todos sus actores es el calentamiento global, verificado por el incremento de la temperatura atmosférica debido a las grandes emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) como el dióxido de carbono (CO₂) -el más importante por las cantidades que se emite-, metano (CH₄), óxidos de nitrógeno (NO_x) y los clorofluorocarbonados (CFC). En tal sentido, los bosques tropicales desempeñan un papel indispensable en el ciclo global del carbono terrestre (Houghton, 2005), contando con reservorios cuantitativamente significativos de carbono, almacenados



en forma de biomasa (Pan *et al.*, 2011; Feldpausch *et al.*, 2012; Pooter *et al.*, 2016). Sin embargo, tales extensiones amenazan con una reducción constante de áreas debido a intensas deforestaciones, fragmentación de hábitats y cambios en el uso de la tierra (Song *et al.*, 2018).

Entre los ecosistemas terrestres, los sistemas forestales son particularmente notables, ya que su articulación arbórea retiene grandes cantidades de carbono atmosférico, en comparación con otros tipos de vegetación (Albritton y Dokken, 2001). Destaca, por tanto, uno de los procesos más importantes en el equilibrio forestal, el ciclo del carbono (C), elemento químico y principal formador de materia biológica. El ciclo del carbono consta de varias etapas, que van desde su absorción a través de las plantas hasta su transformación en biomasa (Brown, 1997). Se estima que los árboles tropicales absorben ~ 72 Pg C de la atmósfera por año (Beer *et al.*, 2010). Además, se estima que el stock de carbono de los bosques tropicales supera los 370 Pg C (Pan *et al.*, 2011). Estos sumideros de carbono representan un flujo intenso de mitigación continua de uno de los gases de efecto invernadero más importantes. Cabe destacar que los bosques tropicales están sujetos a la apreciación global por los servicios que proporcionan para mitigar las concentraciones de GEI. En este sentido, la reducción de las emisiones de GEI y la reducción de la temperatura global son pautas de interés mundial. Sin embargo, estimar el tamaño de los recursos carbónicos a lo largo del tiempo es una tarea ardua y casi imposible, incluso cuando se considera un conjunto de variables complejas e interacciones de diferentes elementos de un ecosistema (Mitchard, 2018). Otros estudios sobre captura y almacenamiento de carbono han sido realizados en diversos ambientes ecológicos de América Latina, aunque no precisamente en bosques tropicales estacionalmente secos. Tal es el caso de un muestreo destructivo realizado en Granma, en la Sierra Maestra de Cuba (Toirac *et al.*, 2018).

Entre los imponentes biomas peruanos, se encuentra uno de los ecosistemas más frágiles y amenazados del mundo, el Bosque tropical Estacionalmente Seco (BES o BTES) (Apgaua *et al.*, 2014). En el contexto ecológico de los estudios de biomasa y carbono, los Bosques Tropicales Estacionalmente Secos de la región Lambayeque tienen poca información disponible, debido a que la gran mayoría de estudios corresponden al ámbito privado; sin embargo, un estudio relevante informó que en los varios tipos de bosques secos ubicados en el caserío El Choloque (Tongorrape, Motupe, Lambayeque), en nueve parcelas circulares de 30 m de radio, dentro de un área de 159,3 ha, se analizó la captura y almacenamiento de C, como mitigación frente al cambio climático, en las especies *Bursera graveolens* (palo santo), *Loxopterygium huasango* (hualtaco), *Prosopis limensis* (algarrobo) y *Parkinsonia praecox* (palo verde), obteniéndose un potencial de captura de C por biomasa primaria (follaje y hojarasca) de $0,52$ t C ha⁻¹, un potencial de almacenamiento de C a nivel de la biomasa aérea (ramas mayores y fuste) de $4,23$ t C ha⁻¹ en un bosque con una edad promedio de 25 años y en el suelo de $42,19$ t C ha⁻¹ (Chávez, 2018).

Considerando que aún persisten vacíos en la estimación de la biomasa y la acumulación de carbono, así como su valoración en los bosques secos de la región Lambayeque, el objetivo de la presente investigación fue determinar estos elementos en el cerro Tres Puntas de Pilasca, Salas, región Lambayeque (Perú), como una contribución real de los bosques tropicales estacionalmente secos de la región Lambayeque.



MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio se localizó en el caserío Pilasca, a 5 km del distrito de Salas, en la provincia y región de Lambayeque, Perú (Figura 1), en las coordenadas 6°14'16,23" S; 79°35'34,81" O y 6°12'46,46" S, 79°33'59,58" O, comprendiendo, además, los cerros Tierra Blanca y Gato, que pertenecen al distrito de Salas y el cerro Tres Puntas, que pertenece al distrito de Motupe, abarcando una extensión aproximadamente de 2 975 ha, con una elevación entre 1 545 a 1 986 s.n.m. El área corresponde a una topografía de terreno muy agreste y peligrosa, con enormes peñascos y quebradas profundas, secas y escasos claros pedregosos donde prospera una agricultura primitiva y de subsistencia, predominando árboles de mediano y gran porte y arbustos no mayores de 5 m de altura, así como una vegetación herbácea muy variada.

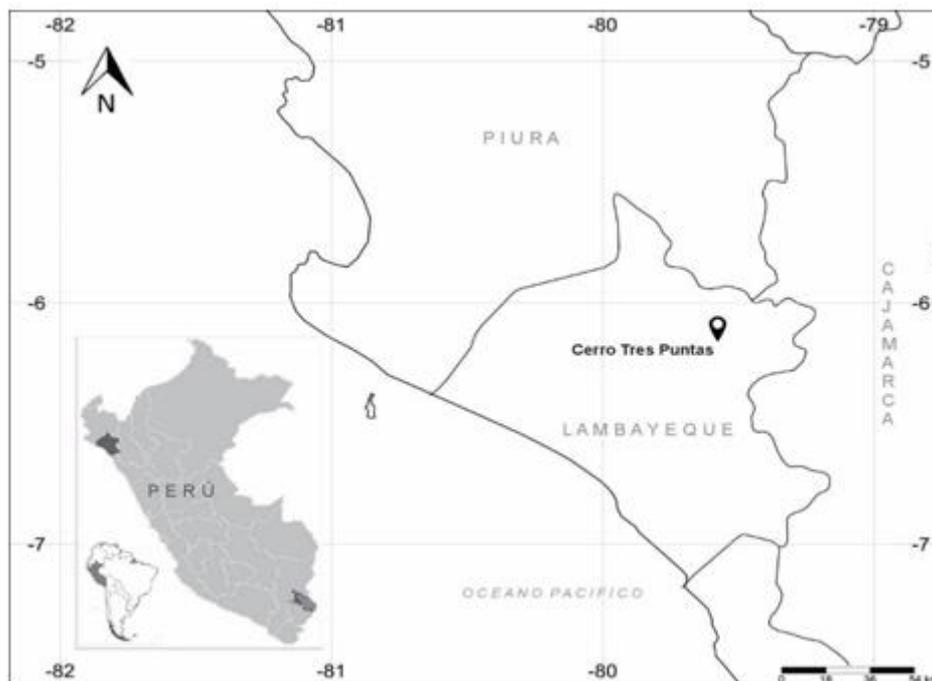


Figura 1. - Mapa de la región Lambayeque (Perú)

Colecta y procesamiento de muestras

El trabajo de campo se realizó entre los meses de marzo y junio de 2018. Debido a la difícil accesibilidad y peligrosidad del terreno, se utilizó el método de muestreo de plantas leñosas de Gentry (1995), con adaptaciones para el área de estudio. En campo se establecieron cuatro unidades de muestreo (transectos lineales) que abarcaron 11,4 ha, conforme se indica en el trabajo de Delgado-Paredes *et al.* (2020). En cada transecto se registraron la altura y el diámetro (a 1,30 cm del suelo) $\geq 5,0$ cm de todos los individuos arbóreos. Asimismo, se realizaron las colectas botánicas de los mismos para su posterior identificación. Las muestras botánicas fueron identificadas a partir de bibliografía físico-virtual, consultas a especialistas y visitas a herbarios. Todas las familias fueron clasificadas de acuerdo al APG IV (APG, 2016). Finalmente, se depositaron en el Herbario Pedro Ruiz Gallo (HPRG).



Análisis de datos

Para facilitar la interpretación lógica-estructural del estudio, los individuos arbóreos fueron clasificados de acuerdo a su dendrometría y su identificación botánica. El cálculo de biomasa fue estimado a partir de la relación alométrica para árboles tropicales, en función del diámetro, altura y densidad de madera. Para el cálculo, se utilizó la fórmula de Chave *et al.* (2014): $B = 0,0673 * (De * ((Di)^2) * A)^{0,976}$; donde, B = Biomasa ($t\ ha^{-1}$), De = Densidad ($g\ cm^3$), Di = Diámetro (cm), A = Altura (m). Para la densidad de cada árbol se utilizó la base de datos presente en The World Agroforestry Centre (ICRAF). Cuando no se obtuvieron datos a nivel de especie, se procedió a utilizar resultados a nivel de género o familia. Cuando no se logró obtener ningún dato se usó una media global de $0,62\ g\ cm^3$. Finalmente, se compararon las estimativas medias de biomasa por familias y se correlacionó con la altitud, esta última a partir de regresión lineal, optando como parámetros de confianza el r -cuadrado (R^2) y significancia menor a 5 %. Todos los cálculos, análisis y gráficos fueron realizados a través del ambiente estadístico R 3.6.3 (R Core Team, 2020).

Para el cálculo de valoración se utilizó la conversión de carbono a partir de la biomasa total obtenida y empleando la fórmula de Brown y Lugo (1992): $C = B * 0,5$, donde C = Carbono ($t\ C\ ha^{-1}$) y B = Biomasa ($t\ ha^{-1}$). Posterior a ello, para definir el valor del carbono, se empleó la fórmula descrita por el IPCC (2003) y Mogas y Riera (2005) donde una tonelada de C es igual a 3 667 toneladas de CO_2 y se ajustó al valor propuesto por el Sistema Electrónico de Negociación de Derechos de Emisiones de Dióxido de Carbono (SENDECO₂, 2017) y el Banco de la Nación del Perú (BN) a la fecha de diciembre de 2018, donde una tonelada de CO_2 es equivalente a 19,83 dólares la hectárea.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registraron 410 individuos, comprendidos en 17 especies, 17 géneros y 10 familias. En la Tabla 1 se presenta la relación de especies arbóreas registradas en los cuatro transectos evaluados en el bosque estacionalmente seco cerro Tres Puntas (Salas-Motupe, Lambayeque, Perú), destacando la familia Fabaceae con el mayor número de especies (Tabla 1).



Tabla 1. - Especies arbóreas presentes en el área evaluada del bosque tropical estacionalmente seco cerro Tres Puntas (Salas-Motupe, Lambayeque, Perú)

Nº	Familia	Especie	Nombre vulgar	No indiv.
1	Anacardiaceae	<i>Loxopterygium huasango</i> Spruce ex Endl.	hualtaco	20
2	Boraginaceae	<i>Cordia lutea</i> Lam.	overo	29
3	Burseraceae	<i>Bursera graveolens</i> (Kunth) Tr. & Pl.	palo santo	4
4	Fabaceae	<i>Albizia multiflora</i> (Kunth) Barneby & J.W. Grimes	angolo	8
5		<i>Caesalpinia glabrata</i> Kunth	charán	5
6		<i>Erythrina smithiana</i> Krukoff	frejolillo	32
7		<i>Pithecellobium excelsum</i> (Kunth) Mart.	chaquiro	21
8		<i>Prosopis limensis</i> Benth.	algarrobo	9
9		<i>Senna atomaria</i> (L.) Irwing & Barneby	chapa	15
10		<i>Vachellia macracantha</i> (Willd.) Seigler & Ebinger	faique	154
11	Lauraceae	<i>Beilschmiedia sulcata</i> (Ruiz & Pav.) Kostern	palta de zorro	1
12	Malvaceae	<i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robins	pasayo	6
13		<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	guazumo	11
14	Moraceae	<i>Ficus obtusifolia</i> Kunth	higuerón	17
15	Olacaceae	<i>Ximenia americana</i> L.	ciruelillo	17
16	Sapindaceae	<i>Sapindus saponaria</i> L.	choloque	6
17	Ulmaceae	<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.	palo blanco	55

En la clasificación diamétrica se registraron individuos con diámetros mínimos de 5,0 y máximos de 219,9 cm, resultando la clase diamétrica de 10 a 19,9 cm con el mayor número de individuos (128) (Figura 2), mientras que en el análisis de la clase altimétrica se registraron hasta de 39,9 m de altura, resultando la clase altimétrica de 5 a 9,9 m con el mayor número de individuos (205) (Figura 3).

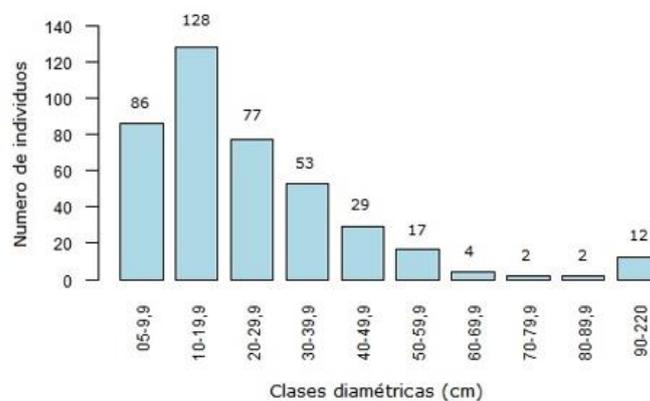


Figura 2. - Estructura diamétrica de la vegetación arbórea en el área evaluada del bosque tropical estacionalmente seco cerro Tres Puntas (Salas-Motupe, Lambayeque, Perú)



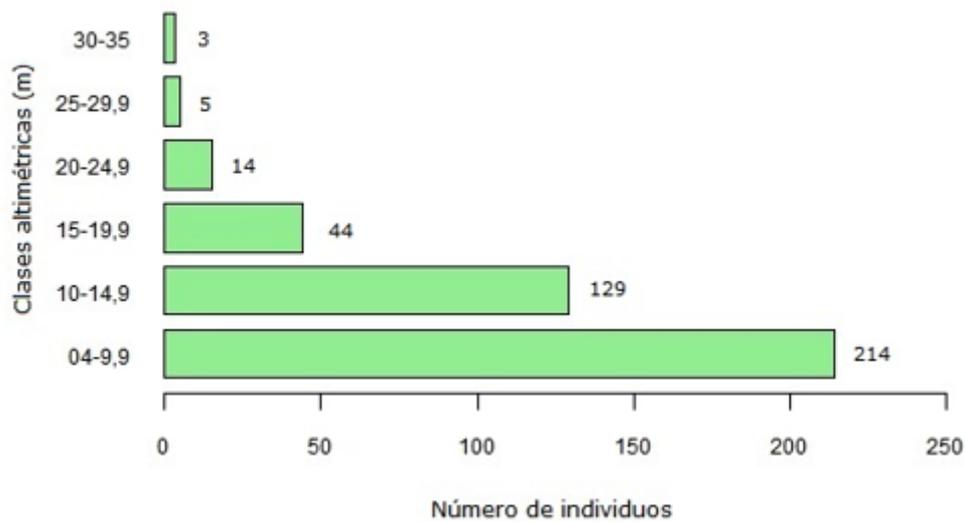


Figura 3. - Estructura altimétrica de la vegetación arbórea en el área evaluada del bosque tropical estacionalmente seco cerro Tres Puntas (Salas-Motupe, Lambayeque, Perú)

La biomasa estimada para los cuatro transectos evaluados en el bosque tropical estacionalmente seco cerro Tres Puntas arrojó una media de 796,62 t ha⁻¹, donde los menores valores correspondieron a los transectos uno y dos con 288 t ha⁻¹, incrementándose en el transecto tres hasta 428 t ha⁻¹, mientras que en el transecto cuatro el incremento fue hasta en más de cinco veces con 2 182,11 t ha⁻¹ (Figura 4). Se observó, además, una tendencia en el incremento de biomasa al mismo tiempo que se incrementaba la altitud. Sin embargo, no se constató una significancia para la relación ($R^2= 0,48$; $P=0,29$) (Figura 4). Asimismo, se pudo ver que las familias que aportan mayor biomasa al cerro Tres Puntas de Pilasca fueron Moraceae y Lauraceae, con 8 457,95 t ha⁻¹ y 5 738,79 t ha⁻¹, respectivamente, mientras que en el resto de familias la biomasa fue menor de 1 000 t ha⁻¹ (Tabla 2), aun cuando estos valores suelen variar con el número de especies y los individuos muestreados.

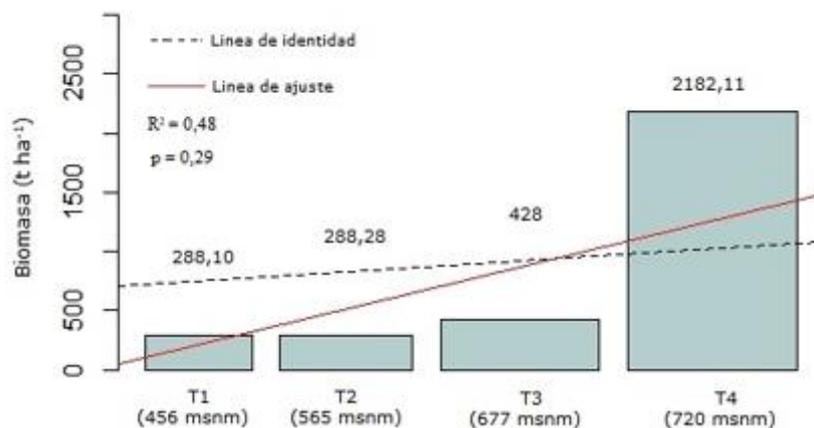


Figura 4. - Biomasa (t ha⁻¹) de la vegetación arbórea y su relación con los niveles altitudinales en el área evaluada del bosque tropical estacionalmente seco cerro Tres Puntas (Salas-Motupe, Lambayeque, Perú). T= transecto



Tabla 2. - Biomasa ($t\ ha^{-1}$) de la vegetación arbórea y su relación con los niveles altitudinales en el área evaluada del bosque tropical estacionalmente seco cerro Tres Puntas (Salas-Motupe, Lambayeque, Perú)

Familias	Nº Individuos	Biomasa ($t\ ha^{-1}$)
Anacardiaceae	20	502,82
Boraginaceae	29	23,13
Burseraceae	4	103,8
Fabaceae	244	177,42
Malvaceae	17	338,88
Moraceae	17	8 457,95
Olacaceae	17	58,23
Lauraceae	1	5 738,79
Sapindaceae	6	150,94
Ulmaceae	55	997,84

Sin duda, estos individuos, aún conservados a ultranza por los comuneros de Pilasca, son los de mayor referencia cronológica en el bosque. En la estimación de biomasa total acumulada en bosques comunitarios de la región Frailesca de Chiapas, México, se demostró que esta se encontraba en relación con la edad del árbol, puesto que los individuos de mayor edad como el *Pinus maximinoii* (pino), de 40 a 100 años y el *Quercus rugosa* (encino), de 20 a 70 años, almacenaron 158 y 117 $Mg\ ha^{-1}$, respectivamente, mientras que los individuos de menor edad como el *Quercus robur* (roble), de 20 a 40 años, almacenaron solamente 5,9 $Mg\ ha^{-1}$ de carbono, (Rodríguez-Larramendi *et al.*, 2016). Esta estrecha relación entre el diámetro normalizado (m), la edad de los árboles y los procesos fotosintéticos que conllevan a la acumulación de biomasa y captura de carbono en diferentes especies forestales ha sido observada en otras especies como *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala*, en sistemas silvopastoriles (Gómez-Castro *et al.*, 2010), donde la captura de carbono atmosférico se incrementó con la edad.

Esta clase de estudios, en los bosques tropicales estacionalmente secos del Perú y en especial en los bosques tropicales estacionalmente secos del norte del Perú y más aún en la región Lambayeque, son casi inexistentes. En un bosque de Tongorrape, Motupe (Lambayeque), con una edad promedio de 25 años, donde se evaluaron las especies *Bursera graveolens* (palo santo), *Loxopterygium huasango* (hualtaco), *Prosopis limensis* (algarrobo) y *Parkinsonia praecox* (palo verde), con diámetro > 5,0 cm, el potencial de captura de carbono por biomasa primaria (follaje y hojarasca) fue de 0,52 $t\ C\ ha^{-1}$, a lo que se sumó la biomasa aérea (ramas mayores y fuste) de 4,23 $t\ C\ ha^{-1}$, en el lapso de cinco meses (Chávez, 2018); cifras que solamente permiten una ligera comparación con los resultados obtenidos en el estudio que se presenta, realizado en el cerro Tres Puntas.



En lo referente a la valoración económica del bosque tropical estacionalmente seco cerro Tres Puntas, determinada a partir de las transformaciones de toneladas de biomasa en toneladas de carbono, de 796,62 t ha⁻¹ de biomasa se obtuvo 398,31 t C ha⁻¹. Asimismo, se constató que existen 1 460,6 t CO₂ ha⁻¹, el cual al ser multiplicado por el valor del CO₂ del mes de diciembre de 2018, según SENDECO₂ y el Banco de la Nación del Perú fue 28 963,70 USD la hectárea.

CONCLUSIONES

El estudio de la biomasa arbórea, carbono acumulado y valoración económica del BTES, cerro Tres Puntas de Pilasca (Salas-Motupe), de la región Lambayeque, determinó una media de 796,62 t ha⁻¹, identificándose a las especies *Ficus obtusifolia* (Moraceae) y *Beilschmiedia sulcata* (Lauraceae) como las de mayor biomasa con 8 457,95 t ha⁻¹ y 5 738,79 t ha⁻¹, respectivamente, así como la transformación de toneladas de carbono que alcanzó 1 460,6 t CO₂ ha⁻¹, significando una valoración económica de 28 963,70 USD la ha.

AGRADECIMIENTOS

Loa autores agradecen al Dr. Ernesto Hashimoto Moncayo, Vicerrector de Investigación de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo (Lambayeque) y a los servidores administrativos Héctor Valdiviezo Castillo y Melissa Saldarriaga Heros, por las facilidades que posibilitaron la ejecución del estudio. Asimismo, a los comuneros de Pilasca, Froilán Sánchez e Isabel Valencia, por sus servicios de guía en los numerosos ascensos al cerro Tres Puntas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBRITTON, D. L. y DOKKEN, D. J., 2001. Climate change 2001: synthesis report. R. T. Watson (Ed.). Cambridge, UK: Cambridge University Press. 389 p. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/front-1.pdf>
- APG (Angiosperm Phylogeny Group), 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the order sand families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 2016, vol. 181, no 1, p. 1-20. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/boj.12385>
- APGAUA, D. M. G., DOS SANTOS, R. M., PEREIRA, D. G. S., DE OLIVEIRA MENINO, G. C., PIRES, G. G., FONTES, M. A. L. y TNG, D. Y. P., 2014. Beta-diversity in seasonally dry tropical forests (SDTF) in the Caatinga Biogeographic Domain, Brazil, and its implications for conservation. *Biodiversity and Conservation*, vol. 23, no 1, p. 217-232. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10531-013-0599-9>
- BEER, C., REICHSTEIN, M., TOMELLERI, E., CIAIS, P., JUNG, M., CARVALHAIS, N., RÖDENBECK, C., ARAIN, M., BALDOCCHI, D., BONAN, G., BONDEAU, A., CESCATTI, A., LASSLOP, G., LINDROTH, A., LOMAS, M., LUYSSAERT, S., MARGOLIS, S., OLESON, K., ROUPSARD, O., VEENENDAAL, E., VIOVY, N., WILLIAMS, C., WOODWARD, F. y PAPAIE D., 2010. Terrestrial gross carbon dioxide uptake: global distribution and covariation with climate. *Science*, vol. 329, no 5993, p. 834-838. Disponible en: <https://science.sciencemag.org/content/329/5993/834>



- BROWN, S., 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer. Vol. 134. Food & Agriculture Organization (FAO). Disponible en: https://books.google.com/books/about/Estimating_Biomass_and_Biomass_Change_of.html?id=uv-ISEzvitwC
- BROWN, S. y LUGO, A., 1992. Above ground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon. *Interciencia*, vol. 17, pp.8-18. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/305348793_Aboveground_biomass_estimates_for_tropical_moist_forest_of_the_Brazilian_amazon
- CHAVE, J., RÉJOU-MÉCHAIN, M., BÚRQUEZ, A., CHIDUMAYO, E., COLGAN, M.S., DELITTI, W.B.C., DUQUE, A., EID, T., FEARNSIDE, P.M., GOODMAN, R.C., HENRY, M., MARTÍNEZ-YRÍZAR, A., MUGASHA, W.A., MENCUCCINI, M., NELSON, B.W., NGOMANDA, A., NOGUEIRA, E.M., ORTIZ-MALAVASSI, E., PÉLISSIER, R., PLOTON, P., RYAN, C.M., SALDARRIAGA, J.G. y VIEILLEDENT, G., 2014. Improved allometric models to estimate the above ground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, vol. 20, pp. 3177-3190. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/gcb.12629>
- CHÁVEZ, J.P., 2018. Captura y almacenamiento de carbono de los bosques estacionalmente secos de la costa norte (Lambayeque), como mitigación frente al cambio climático. En: Accepted: 2018-06-05T18:06:26Z, Universidad Nacional Agraria La Molina, (Consulta: 13 junio 2020). Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3346>.
- DELGADO-PAREDES, G.E., VÁSQUEZ-DÍAZ, C., TESÉN-NÚÑEZ, F., ESQUERRE-IBAÑEZ, B., ZUÑE-DA SILVA, F. y ROJAS-IDROGO, C., 2020. Vegetación arbórea del Cerro Tres Puntas de Pilasca, (Salas-Motupe), Lambayeque, Perú. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, vol. 11 (58). Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Vegetaci%C3%B3n-arb%C3%B3rea-del-Cerro-Tres-Puntas-de-Per%C3%BA-Paredes-V%C3%A1squez-D%C3%ADaz/63848ecfac65a446d6a1658230130ca754e614d3>
- FELDPAUSCH, T., LLOYD, J., LEWIS, S., BRIENEN, R., GLOOR, M., MONTEAGUDO, A., LOPEZ-GONZALEZ, G., BANIN, L., ABU, K., AFFUM-BAFFOE, K., ALEXIADES, M., ALMEIDA, S., AMARAL, I., ANDRADE, A., ARAGÃO, L., ARAUJO, A., ARETS, E., ARROYO, L., AYMARD, G., BAKER, T., BÁNKI, O., BERRY, N., CARDOZO, N., CHAVE, J., COMISKEY, J., ALVAREZ, E., DE OLIVEIRA, A., DI FIORE, A., DJAGBLETEY, G., DOMINGUES, T., ERWIN, T., FEARNSIDE, P., FRANÇA, M., FREITAS, M., HIGUCHI, N., HONORIO, E., IIDA, Y., JIMÉNEZ, E., KASSIM, A., KILLEEN, T., LAURANCE, W., LOVETT, J., MALHI, Y., MARIMON, B., MARIMON-JUNIOR, B., LENZA, E., MARSHALL, A., MENDOZA, C., METCALFE, D., MITCHARD, E., NEILL, D., NELSON, B., NILUS, R., NOGUEIRA, E., PARADA, A., PEH K., PENA, A., PEÑUELA, M., PITMAN, N., PRIETO, A., QUESADA, C., RAMÍREZ, F., RAMÍREZ, H., REITSMA, J., RUDAS, A., SAIZ, G., SALOMÃO, R., SCHWARZ, M., SILVA, N., SILVA-ESPEJO, J., SILVEIRA, M., SONKÉ, B., STROPP, J., TAEDOUNG, H., TAN, S., TER STEEGE, H., TERBORGH, J., TORELLO-RAVENTOS, M., VAN DER HEIJDEN, G., VÁSQUEZ, R., VILANOVA, E., VOS, V., WHITE, L., WILLCOCK, S., WOELL, H. y PHILLIPS, O., 2012. Tree height integrated into pantropical forest biomass estimates. *Biogeosciences*, p. 3381-3403. Disponible en: <https://www.biogeosciences.net/9/3381/2012/bg-9-3381-2012.pdf>



- GÓMEZ-CASTRO, H., PINTO-RUIZ, R., GUEVARA-HERNÁNDEZ, F. y GONZÁLEZ-REYNA, A., 2010. Estimaciones de biomasa aérea y carbono almacenado en *Gliricidia sepium* (Lam.) y *Leucaena leucocephala* (Jacq.) y su aplicación en sistemas silvopastoriles. ITEA, vol. 106, pp. 256-270. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3773696>
- GENTRY, A.H., 1995. Diversity and floristic composition of neotropical dry forests. En: Bullock, S.H., Mooney, H.A. y Medina, E. (Eds.). *Seasonally Dry Forests*. Cambridge, University Press, Cambridge, UK. pp. 146-194. Disponible en: <https://www.cambridge.org/core/books/seasonally-dry-tropical-forests/diversity-and-floristic-composition-of-neotropical-dry-forests/4482CBC6F9FD8E01E0F6D30E9B7156A4>
- HOUGHTON, R. A, 2005. Aboveground forest biomass and the global carbon balance. *Global Change Biology*, vol. 11, no 6, p. 945-958. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2486.2005.00955.x>
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2003. Good practice guidance for land use, land-use change and forestry, Japan: Institute for Global Environmental Strategies (IGES) IPCC. 628 p. Disponible en: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_files/GPG_LULUCF_FULL.pdf
- MITCHARD, E. T. A, 2018. The tropical forest carbon cycle and climate change. *Nature*, vol. 559, no 7715, p. 527-534. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41586-018-0300-2>
- MOGAS, J. y RIERA, P., 2005. El valor de la fijación de carbono en los programas de forestación. *Boletín económico de ICE, Información Comercial Española*, No 2834, pp. 13-28. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2009701>
- PAN, Y., BIRDSEY, R. A., FANG, J., HOUGHTON, R. A., KAUPPI, P. E., KURZ, W. A., PHILLIPS, O. L., SHVIDENKO, A., LEWIS, S. L., CANADELL, J. G., CIAIS, P., JACKSON, R. B., PACALA, S. W., MCGUIRE, A. D., PIAO, S., RAUTIAINEN, A., SITCH, S. y HAYES D., 2011. A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science*, vol. 333, no 6045, p. 988-993. Disponible en: <https://science.sciencemag.org/content/333/6045/988>
- POORTER, L., BONGERS, F., AIDE, T., ALMEYDA, A., BALVANERA, P., BECKNELL, J., BOUKILI, V., BRANCALION, P., BROADBENT, E., CHAZDON, R., CRAVEN, D., ALMEIDA-CORTEZ, J., CABRAL, G., DE JONG, B., DENSLOW, J., DENT, D., DEWALT, S., DUPUY, J., DURÁN, S., ESPÍRITO-SANTO, M., FANDINO, M., CÉSAR, R., HALL, J., HERNANDEZ-STEFANONI, J., JAKOVAC, C., JUNQUEIRA, A., KENNARD, D., LETCHER, S., LICONA, J., LOHBECK, M., MARÍN-SPIOTTA, E., MARTÍNEZ-RAMOS, M., MASSOCA, P., MEAVE, J., MESQUITA, R., MORA, F., MUÑOZ, R., MUSCARELLA, R., NUNES, Y., OCHOA-GAONA, S., OLIVEIRA, A., ORIHUELA-BELMONTE, E., PEÑA-CLAROS, M., PÉREZ-GARCÍA, E., PIOTTO, D., POWERS, J., RODRÍGUEZ-VELÁZQUEZ, J., ROMERO-PÉREZ, I., RUÍZ, J., SILDARRIAGA, J., SANCHEZ-AZOFEIFA, A., SCHWARTZ, N., STEININGER, M., SWENSON, N., TOLEDO, M., URIARTE, M., BREUGEL, M., VAN DER WAL, H., VELOSO, M., VESTER, H., VICENTINI, A., VIEIRA, I., BENTOS, T., WILLIAMSON G. y ROZENDAAL, D., 2016. Biomass resilience of neotropical secondary forests. *Nature*, vol. 530, no 7589, p. 211-214. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/nature16512>



R CORE TEAM, 2020. A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Disponible en: <https://www.gbif.org/es/tool/81287/r-a-language-and-environment-for-statistical-computing>

RODRÍGUEZ-LARRAMENDI, L.A., GUEVARA-HERNÁNDEZ, F., REYES-MURO, L., OVANDO-CRUZ, J., NAHED-TORAL, J., PRADO-LÓPEZ, M. y CAMPOS, R.A., 2016. Estimación de biomasa y carbono almacenado en bosques comunitarios de la región Frailesca de Chipas, México. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, vol. 7, pp. 77-94. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322016000500077

SONG, X. P., HANSEN, M. C., STEHMAN, S. V., POTAPOV, P. V., TYUKAVINA, A., VERMOTE, E. F. y TOWNSHEND, J. R., 2018. Global land change from 1982 to 2016. Nature, 2018, vol. 560, no 7720, p. 639-643. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6366331/>

SENDECO₂ (Sistema Electrónico de Negociación de Derechos de Emisiones de Dióxido de Carbono)., 2017. SENDECO₂, La Bolsa de CO₂. Disponible en: <https://www.sendeco2.com/>

TOIRAC, W., VIDAL, A, y BARRERO, H., 2018. Modelos de biomasa aérea verde en plantaciones de Pinus maestrensis en la Sierra Maestra, Cuba. Avances, Centro de Información y Gestión Tecnológica, vol. 20, pp.254-263. Disponible en: <http://www.ciget.pinar.cu/ojs/index.php/publicaciones/article/view/371>. Fecha de acceso: 21 jan. 2019.

Conflicto de intereses:

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores:

Los autores han participado en la redacción del trabajo y análisis de los documentos.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

Copyright (c) 2020 Guillermo Eduardo Delgado Paredes, Felipe Zuñe Da Silva, Cecilia del Carmen Vásquez Díaz, Boris Esquerre Ibáñez, Jorge Antonio Fuluy Chung, Consuelo Rojas Idrogo

